DOI: https://doi.org/10.15407/techned2019.03.012

УДК 533.93:537.523.5

# НЕМОНОТОННОСТЬ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДУГОВОГО РАЗРЯДА, ОБУСЛОВЛЕННАЯ ЭФФЕКТАМИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

| | |
|---|---|
| Журнал | Технічна електродинаміка |
| Издатель | Институт электродинамики Национальной академии наук Украины |
| ISSN | 1607-7970 (print), 2218-1903 (online) |
| Выпуск | № 3, 2019 (май/июнь) |
| Страницы | 12 – 22 |

**Авторы**

**В.А. Жовтянский**[1*], чл.-корр. НАН Украины, **Э.П. Колесникова**[2**], **Ю.И. Лелюх**[1***], канд.физ.-мат. наук,
**Я.В. Ткаченко**
[1]
****, канд.физ.-мат.наук
[1]- Институт газа НАН Украины,
ул. Дегтяревская, 39, Киев, 03113, Украина
[2]- НТТУ «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»,
пр. Победы, 37, Киев, 03056, Украина,
e-mail: zhovt@ukr.net
* ORCID ID : http://orcid.org/0000-0002-9532-423X
** ORCID ID : http://orcid.org/0000-0001-8835-0504
*** ORCID ID : http://orcid.org/0000-0001-8097-5876
**** ORCID ID : http://orcid.org/0000-0002-8261-8351

*Анализируется взаимосвязь на локальном уровне электро- и теплофизических свойств плазмы электрической дуги в воздухе с примесью паров электродных материалов. В основе этого рассмотрения – численное решение уравнения энергии Эленбааса-Геллера для канала электрической дуги. Предложены детальные функциональные*

*температурные зависимости для входящих в это уравнение коэффициентов электро- и теплопроводности такой плазмы, удобные для прикладных применений. Для коэффициента электропроводности установлена также зависимость от содержания паров электродного материала в смеси, к величине которой он чувствителен. Показано, что вследствие немонотонности зависимости коэффициента теплопроводности от температуры может возникать, в свою очередь, немонотонность зависимости электрического поля в дуговом разряде от тока. Результаты численного моделирования сопоставлены с экспериментальными данными.* Библ. 18, рис. 5, табл. 1.

***Ключевые слова***: электрическая дуга, вольт-амперная характеристика, уравнение Эленбааса-Геллера, медно-воздушная плазма, коэффициенты тепло- и электропроводности.

Поступила 19.07.2018
Окончательный вариант 28.01.2019
Подписано в печать 05.04.2019

УДК 533.93:537.523.5

## НЕМОНОТОННІСТЬ ВОЛЬТ-АМПЕРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДУГОВОГО РОЗРЯДУ, ЗУМОВЛЕНА ЕФЕКТАМИ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ

| | |
|---|---|
| Журнал | Технічна електродинаміка |
| Видавник | Інститут електродинаміки Національної академії наук України |
| ISSN | 1607-7970 (print), 2218-1903 (online) |
| Випуск | № 3, 2019 (травень/червень) |
| Сторінки | 12 – 22 |

**Автори**
**В.А. Жовтянський**[1], чл.-кор. НАН України, **Е.П. Колеснікова**[2], **Ю.І. Лелюх**[1], канд.фіз.-мат.наук,
**Я.В. Ткаченко**
[1]
, канд.фіз.-мат.наук
[1]- Інститут газу НАН України,
вул. Дегтярівська, 39, Київ, 03113, Україна
[2]- НТТУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»,
пр. Перемоги, 37, Київ, 03056, Україна,
e-mail: zhovt@ukr.net

*Аналізується взаємозв'язок на локальному рівні електро- і теплофізичних властивостей плазми електричної дуги в повітрі з домішкою парів електродних матеріалів. В основі цього розгляду – чисельний розв'язок рівняння енергії Еленбааса-Геллера для каналу електричної дуги. Запропоновано зручні для прикладних застосувань детальні функціональні температурні залежності для коефіцієнтів електро- і теплопровідності такої плазми, що входять до цього рівняння. Для коефіцієнта електропровідності встановлена також залежність від вмісту парів електродного матеріалу в суміші, до величини якого він є чутливим. Показано, що внаслідок немонотонності залежності коефіцієнта теплопровідності від температури може виникати, в свою чергу, немонотонність залежності електричного поля в дуговому розряді від струму. Результати чисельного моделювання співставлені з експериментальними даними.* Бібл. 18, рис. 5, табл. 1.

***Ключові слова***: електрична дуга, вольт-амперна характеристика, рівняння Еленбааса-Геллера, мідно-повітряна плазма, коефіцієнти тепло- та електропровідності.

Надійшла 19.07.2018
Остаточний варіант 28.01.2019
Підписано до друку 05.04.2019

**Література**


1. Сидорец В.Н., Пентегов И.В. Детерминированный хаос в нелинейных цепях с электрической дугой: монография. К.: Международная ассоциация «Сварка», 2013. 272 с.
2. Финкельнбург В., Мекер Г. Электрические дуги и термическая плазма: монография. М.: ИИЛ, 1961. 370 с.
3. Асиновский Э.И., Кириллин А.В., Низовский В.Л. Стабилизированные электрические дуги и их применение в теплофизическом эксперименте. М.: Физматлит, 2008. 264 с.
4. Бабич И.Л., Веклич А.Н., Жовтянский В.А. Исследование роли самопоглощения излучения в свободногорящих дугах в парах меди методом лазерной диагностики. *Журнал прикладной спектроскопии*. 1989. Т. 51. № 4. С. 571-575.
5. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. Долгопрудный: Интеллект, 2009. 736 с.
6. Жовтянський В.А. Плазмохімічні ефекти і деякі фундаментальні проблеми фізики газового розряду. *Український фізичний журнал*. 2008. Т. 53. № 5. С. 488-494.
7. Bezpalyj O.O., Fesenko S.O., Semenyshyn R.V., Veklich A.N. Investigation of electric arc discharge between composite electrodes. *XIV$^{th}$ International Young Scientists' Confference on Applied Physics*. Ukraine, 11-14 June 2014. Pp. 163–164.
8. Aubrecht V., Bartlova M., Coufal O. Radiative emission from air thermal plasmas with vapour of Cu or W. *Journal of Physics*. D: Applied Physics. 2010. Vol. 43. 19 p.
9. Жовтянский В.А. Физические свойства плотной низкотемпературной неоднородной плазмы: дис.д-р. физ.-мат. наук: 01.04.08. Киевский университет имени Тараса Шевченко. Киев. 1999. 300 с.
10. Физические процессы при сварке и обработке материалов. Теоретическое исследование, математическое моделирование, вычислительный эксперимент. К.: ДИА, 2018. 642 с.
11. Zhovtyansky V., Valincius V. Efficiency of Plasma Gasification Technologies for Hazardous Waste Treatment. *Gasification for Low-grade Feedstock*. London: InTechOpen, 2018. Pp. 165–189. Available from: http://mts.intechopen.com/articles/show/title/efficiency-of-plasma-gasification-technologies-for-hazardous-waste-treatment
12. Bose T.R., Seeniraj R.V. Two-temperature Elenbaas-Heller problem with argon plasma. *Plasma Physics and Controlled Fusion.* 1984. Vol. 26. No 10. Pp. 1163-1176.
13. Zhovtyansky V.A., Lelyukh Yu.I., TkachenkoYa.V. Nonequilibrium of the dense nonuniform plasma due to radiation transfer. Proc. XIX International. *Conference on Gas Discharges and their Applications.* Beijing, 2-7 September 2012. Pp. 40-47.
14. Ouajji H., Cheminat B., Andanson P. Composition and conductivity of a copper-air plasma. Journal of Physics. *D: Applied Physics*. 1986. Vol. 19. Pp. 1903-1916.
15. Gleizes A, Cressault Y., Teulet Ph. Mixing rules for thermal plasma properties in mixtures of argon, air and metallic vapours. *Plasma Sources Science and Technology*. 2010. Vol. 19.

No 5. 055013.
16. Жовтянский В.А., Петров С.В., Колесникова Э.П., Лелюх Ю.И., Ткаченко Я.В., Порицкий П.В., Гончарук Ю.А., Якимович М.В. Развитие плазменных электродуговых технологий и методов их моделирования. *Материалы VIII международного симпозиума «Горение и плазмохимия» и научно-технической конференции «Энергоэффективность-2015»*. Алматы, Казахстан, 16–18 сентября 2015. С. 323–326.
17. Kagone A.K., Koalaga Z., Zougmore F. Calculation of air-water vapor mixtures thermal plasmas transport coefficients. Proc. *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering*. 2004. Vol. 29. 012004. 15 p.
18. Григолюк Э.И., Шалашилин В.И. Проблемы нелинейного деформирования: Метод продолжения решения по параметру в нелинейных задачах механики твердого деформированного тела: монография. М.: Наука, 1988. 232 с.

**PDF**